



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000332568 A**(43) Date of publication of application: **30.11.00**

(51) Int. Cl.

**H03H 9/17**  
**H01L 41/09**
(21) Application number: **2000093594**(22) Date of filing: **30.03.00**(30) Priority: **30.03.99 US 99 282082**(71) Applicant: **AGILENT TECHNOL INC**
(72) Inventor:  
**LARSON III JOHN D**  
**RUBY RICHARD C**  
**BRADLEY PAUL**
**(54) BULK SOUND WAVE RESONATOR FILTER**  
**HAVING IMPROVED LATERAL MODE**  
**SUPPRESSION**

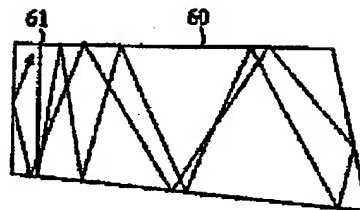
mode spectrum is converted into many wide peaks not to  
disturb FBAR characteristics.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an absorption and/or transmission spectrum which does not include irregularity generated by a lateral resonance mode by allowing an overlap part of 1st and 2nd electrodes, formed of conductive layers on 1st and 2nd surfaces of a piezoelectric sheet, to have an outer periphery constituting part of a nonrectangular irregular polygon.

**SOLUTION:** A cavity 60 has nonparallel opposite walls and a sound wave sounding from a certain point of one wall is reflected by the opposite wall and does not return to the same sounding point. A path through which a sound wave sounding a specific point returns to nearby the point is much larger than the size of a thin film bulk acoustic resonator (FBAR) as shown by the path sounding from a point 61. Therefore, a design wherein the effective path length is 10 times as large as the maximum cavity of the cavity 60 is easily obtained and degeneracy which is the cause of the generation of a spike of the absorption spectrum in the cavity 60 is greatly reduced. Consequently, the corresponding absorption peak becomes wide and a parasitic lateral



(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 3 H 9/17		H 0 3 H 9/17	E
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	F
			C
			U

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-93594 (P2000-93594)  
(22) 出願日 平成12年3月30日 (2000. 3. 30)  
(31) 優先権主張番号 2 8 2 0 8 2  
(32) 優先日 平成11年3月30日 (1999. 3. 30)  
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 399117121  
アジレント・テクノロジーズ・インク  
AGILENT TECHNOLOGIE  
S, INC.  
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
ト ページ・ミル・ロード 395  
(72) 発明者 ジョン・ディー・ラーソン, サード  
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル  
ト テニーサン アヴェニュー143  
(74) 代理人 100105913  
弁理士 加藤 公久

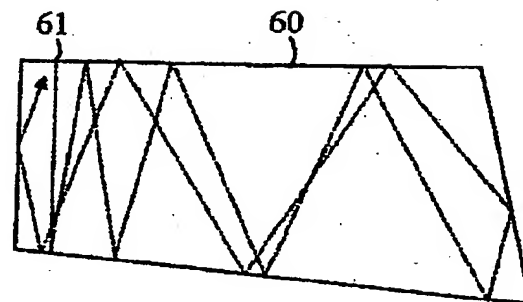
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 横モード抑制が改善されたバルク音波共振器フィルタ

(57) 【要約】

【課題】 横共振モードにより生じた不規則性を含まない吸収及び/又は伝送スペクトルを有するバルク音響共振器フィルタを提供すること。

【解決手段】 音響共振器フィルタは、第1の面及び第2の面を有する圧電シートと、第1の面上の導電性の層から成る第1の電極と、第2の面上の導電性の層から成る第2の電極とを含む。第1の電極は第2の電極の少なくとも一部分に重なり合うようにして設けられる。第2の電極に重なり合う第1の電極の部分は、非方形の不規則な多角形の少なくとも一部を構成する外周 (60) を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の面及び第2の面を有する圧電シートと、前記第1の面上の導電性の層から成る第1の電極と、前記第2の面上の導電性の層から成る第2の電極とを含み、前記第1の電極の一部は前記第2の電極の少なくとも一部分に重なり合っており、前記第2の電極と前記第1の電極との重なり部分は、少なくともその一部が非方形の不規則な多角形の一部を構成する外周を有することを特徴とするフィルタ。

【請求項2】前記外周が、四角形の四辺であって、該四辺は互いに平行な2つの辺を持たないことを特徴とする請求項1に記載のフィルタ。

【請求項3】前記非方形の不規則な多角形により境界を作られた前記重なり部分に対応する前記圧電シートの部分を空洞上に支持する為の構造体を更に含み、前記第1及び第2の電極の互いの前記重なり部分は、前記圧電シートと接触していない側の面上に空気との界面を有するようにしたことを特徴とする請求項1に記載のフィルタ。

【請求項4】前記外周が更に曲線区分を含むことを特徴とする請求項1に記載のフィルタ。

【請求項5】前記外周が異なる長さの辺を持つ三角形であることを特徴とする請求項1に記載のフィルタ。

【請求項6】前記第1の電極が、その中に非導電性の領域を含む導電性シートから構成されることを特徴とする請求項1に記載のフィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は音響共振器に関し、より具体的には電子回路のフィルタとして用いることが可能である音響共振器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電子装置のコストやサイズをより低く抑える為に、フィルタ素子の小型化へのニーズは常に存在する。携帯電話や小型ラジオ等のような民生用電子機器においては、その中に利用する部品に対してサイズ及びコストの両方に厳しい制限が強いられる。一方そのようなデバイスの多くには、正確に周波数が調整されないといけないフィルタが利用される。従ってこれまでより安価でコンパクトなフィルタユニットを供給しようという努力が払われて来た。

【0003】これらのニーズを満たす能力を持つフィルタ素子の中には音響共振器から作られる種類のものが存在する。これらのデバイスは、薄膜圧電（ピエゾ又はPZ）材料中のバルク縦音波を利用する。単純な構成の1つにおいては、ピエゾ材料層が2つの金属電極に挟まれた形になっている。このサンドイッチ構造は、その外周を支持することにより空气中に置かれる。電圧の印加により2つの電極の間に電界が作られると、ピエゾ材料は電気的エネルギーの一部を音波という形の機械的エネルギーへと変換する。音波は電界と同方向で縦に伝搬され

て電極／空気間の界面で反射するか、或は電界を横切る方向に伝わり、電極又はその構造体の端部の様々な断絶部において反射する。

【0004】この種のデバイスは電気的に結合可能な機械的共振器であり、従ってフィルタとしての作用を持つ。材料中を伝わる音のある所定の位相速度に対する機械的共振周波数は、デバイス中を縦に伝わる音波の半波長がデバイスの全厚さに等しくなる周波数である。音の速度は光の速度よりも4桁も低い為、共振器はかなり小さくすることが出来る。GHz領域での応用に使用される共振器は直径100 $\mu$ 未満、厚さ数 $\mu$ の物理寸法に作ることが出来る。

【0005】フィルタとなる薄膜バルク音響共振器（FBAR）及び積み重ね薄膜バルク音響共振器（SBAR）の中心部には、1～2 $\mu$ 程度の厚さにスパッタリングされたピエゾ薄膜が設けられる。そのピエゾ膜の上下を電極で挟み、ピエゾ材料を通して電界が作られる。すると電界の一部は機械的な場に変換される。FBARはピエゾ材料の単一層であり、吸収フィルタとして作用する。SBARは2層以上のピエゾ材料の層間に電極を挟み、そしてその積み重ね構造体の上下にも電極を設けて作られる。SBARは代表的には伝送フィルタとして利用される。

【0006】以下の記述ではわかり易くする為に本発明をFBARとして説明するが、説明からも明らかなように本発明の教示する内容はSBARにも適用可能である。重ねられた電極間のピエゾフィルムの一部は音響空洞を形成する。この空洞の基本振動モードにおいては、音波は圧縮波であれ剪断波であれ、或はラム波であれ、電極面に対して直角方向に伝搬される。残念ながら、励起され得る他の振動モードが存在する。これらのモードは、電極面に並行に移動し、空洞の壁又は電極層の端部の断絶部で反射する音波に対応する。これらのモードの基本的周波数は基本モードのものよりもかなり低いが、これらの横モードのより高い高調波が基本モードの周波数帯域中に出現する場合がある。これらの高調波がFBARの吸収スペクトルにおける複数の「スパイク」或は他の不規則性の要因となるのである。これらのスパイクに吸収される総合エネルギーは比較的小さいものの、不規則性は、FBAR及びSBARの類のフィルタを用いた回路においては問題となり得る。

## 【0007】

【発明の解決すべき課題】本発明の広義的な目的は、改善されたバルク音響共振器を提供するところにある。

【0008】本発明の更なる目的は、横共振モードにより生じた不規則性を含まない吸収及び／又は伝送スペクトルを有するバルク音響共振器を提供するところにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、第1の面と第2の面を有する圧電（ピエゾ又はPZ）材料及び第1及び第2の電極から作られたバルク音響フィルタを提供する。第1の電極は、第1の面上の導電性の層を含み、第2の電極は第2の面上の導電性の層を含む。第1の電極は、第2の電極の少なくとも一部に重なっており、第2の電極上に重なった第1の電極の部分が電界分布を決定する。結果として得られる平坦な形状の電界は、外周が方形以外の不規則な多角形となるように作られる。一例として本発明の実施形態によれば、互いに並行となる辺が一組もない四辺形の外周を持たせた。

【0010】

【発明の実施の形態】上述した本発明のこれら及び他の目的は、以下の詳細な説明及び添付図面を参照することにより当業者に明らかとなる。

【0011】まず本発明は、それぞれFBAR及びSBARの断面図である図1及び図2を参照するとよりわかり易い。図1を見ると、FBAR20は圧電材料シート22の一部を挟んだ頂部及び底部電極21及び23を含む。ピエゾ（圧電）シート22はFBARの底部に空気／電極界面が作られるように空洞の上に持ち上げられた状態にある。空洞は通常、支持層27の一部をエッチング除去することにより作られる。推奨されるピエゾ材料は窒化アルミニウム（AlN）である。共振器20において利用する電極は出来ればモリブデンのものが好ましいが、他の材料を利用した態様も可能である。座標系28の配向は、z軸がいずれのモードタイプにおいても縦方向に向かう波に対応し、x又はy軸が、これもまたモードタイプが圧縮波であれ剪断波であれ又はラム波であれ、横に向かう波に対応するようになっている。

【0012】これらの素子は、望ましい共振モードにおいてはバルク圧縮音波又は剪断音波がピエゾ材料中をz軸に対して平行方向に伝搬されるように設計される。電圧の印加により電界が2つの電極間に生じると、ピエゾ材料は電氣的エネルギーを音波という形の機械的エネルギーへと変換する。音波は24に示すように電界と同じ方向に伝搬され、電極／空気界面において反射する。図3（a）から図3（b）を参照すると、空洞の基本縦共振モードは $c_L / (2t_0)$ を中心としており、この場合の $c_L$ は縦伝搬モードの音の速度であり、 $t_0$ はピエゾ（圧電）層の厚みである。

【0013】機械的共振において、デバイスは一見電気共振器のように見え、従ってノッチフィルタとしての作用が出来る。材料中の音の所定の複合位相速度に対する機械的共振周波数は、デバイス中を伝搬する音波の波長の2分の1がデバイスの総厚と等しくなる周波数である。音の速度は光の速度よりも4桁も低い為、共振器はかなり小型化することが出来る。GHzレベルのアプリケーション用の共振器は直径100μm程度、厚みを数μmの物理寸法に作ることが出来る。

【0014】次にSBAR40の断面図である図2を参照する。SBARは帯域フィルタに似た電氣的機能を提供する。図示されるSBAR40は基本的に、機械的に結合させた2つのFBARフィルタである。ピエゾ（圧電）材料の底部層下側の空洞はこの図では省略されている。電極43から44にわたるピエゾ層41の共振周波数にある信号は、音響エネルギーをピエゾ層42へと伝える。ピエゾ層42の機械的振動は、ピエゾ材料により電極44及び45にわたって電気信号へと変換される。

【0015】再度図1に戻る。所望の種類の波を作る為に電極全体にz方向に電位が加えられると、圧電成分 $d_{31}$ 結合（J. F. Nye著“Physical Properties of Crystals” Oxford Press, 1957, p143参照）又は、ポアソン比結合（J. F. Nye, p143参照）により横方向きの機械的歪みが生じる場合があり、これがピエゾ層中を横に移動する音波を励起させてしまう可能性がある。これらの波はそのほとんどが参照番号25として図示されるように電極の端部における密度の急激な変化により反射されるが、空洞の端部即ちピエゾシートの端部で反射する場合もある。電極の下ピエゾ層は、ピエゾシートが電極よりも大幅に大きいものであったとしても音響的空洞と見ることが出来る。この空洞は複数の共振モードを有することができ、これらは電極面と平行に移動する音波が側壁や電極端部で何回も跳ね返り、最終的に空洞の壁の同じ地点へと戻るような音の伝搬経路に相当する。

【0016】再度図3（a）を参照するが、これは頂部及び底部電極が方形をした代表的な従来型FBAR中の音響空洞50の平面図である。横モードは、空洞50の外周のいずれの点においても、その点を出発して空洞の1つ以上の壁で反射した後、同じ点に戻って来る音響経路に相当する。例えば、点55を出た音波は経路51に沿って点55の反対側の平行の壁において反射し、点55へと戻る。この横モードは、FBARの吸収スペクトル中の一連の高調波の吸収帯域に対応する。これらの帯域は $c_T N / (2W)$ を中心とした周波数を持つが、ここで $c_T$ はPZ媒体中を横向きに伝搬される音波の速度を、WはFBARの幅を表わし、そして $N=1, 2, \dots$ である。空洞の基本縦共振モードは $c_L / (2t_0)$ を中心としており、ここで $c_L$ は縦伝搬モードの音の速度であり、 $t_0$ はピエゾ層の厚さである。従って、いずれかのNに対し、 $W/N$ が $t_0 * (c_T / c_L)$ とほぼ等しい場合、横モードにより、対象となる周波数範囲においてFBARの周波数スペクトル中に1つ以上のスパイクが生じることになる。スパイクの大きさはNにより、そして同じ共振周波数で横モードに立ち上がりを与えてしまう可能性のある空洞の外周上の他の点の数により決まる。一般的に、所定の寄生横モードに対する結合係数はNと共に減じ、また、同じ共振周波数を持つ点の数と

共に増す。

【0017】外周上の2つの点が同じ周波数を有する横モードを持つ場合、その横モードは縮退していると言われる。横モード周波数においてスペクトル中に導入されるスパイクの振幅は、この共振経路長を有するこのような点の数により大きくなる。再度図3を見ると、点55が位置する壁に沿った全ての点が、点を出た音波が反対側の平行の壁で跳ね返り、長さ2Wの共振経路を有する。例えば、点56を出た音波は、横モードパス54を持ち、これもその長さは2Wとなる。この高レベルな縮退が、上述した間隔配置においては吸収スペクトル中に一連の著しいピークを生じてしまうのである。同様の問題が経路52のような壁57上の経路にも存在する。

【0018】本発明は、空洞の外周上の各点が外周上の他のいずれの点とも異なる横モードを持ち、対応する経路長がFBARの物理寸法と比較して大きい場合に横モードに起因した吸収異常を大幅に低減することが出来るという観察に基づくものである。この場合、横モードにより生じる吸収スペクトルの一部は対象周波数範囲を通じて一定であり、よって対象の吸収帯域に異常を生じることがなくなるのである。

【0019】基本的には、経路長は共振器のサイズを大きくすることにより増大させることが出来る。しかしながら、他の配慮から共振器のサイズは制限される為、このNを増大させるという方法を選択することが出来ない。例えば、共振器のサイズが所望のフィルタ周波数におけるその電気インピーダンスを決定する。インピーダンスはその共振器が使われる回路の電気パラメータにより設定され、設計者はそのサイズを随意に設定することは出来ない。加えて経費面の考慮からも小型の共振器が望ましい。以下に説明する通り、本発明は共振器のサイズを著しく増大させることなく経路長を長くする手段を提供するものである。

【0020】概して言えば、上述した横モード共振の抑制は、音響空洞や共振器の支持構造の形状設定によって実現されるものと理解することが出来る。このような形状設定は；1) 共振器電極の重なり領域の形状決め；2) エッチング除去される空洞領域の形状決め；3) PZ領域端部の形状決め；そして4) 電極構造への異なる金属の利用を通じて実現される。横モード共振を抑制する能力を持つ不規則形状の音響共振器の他の形態も、本発明の教示内容から離れることなく利用可能である。換言すれば、上の4つのそれぞれについて考慮し、不規則形状の音響共振器を設定することで、横モード共振の抑制を図ることができる。

【0021】本発明が横モードの縮退を低減する方法は、本発明に基づくFBARの音響空洞60の平面図である図4を参照するとより容易に理解出来る。空洞60は、空洞の対向する壁が平行ではなくなっている点で図3に示した空洞50とは異なる。従って、1つの壁のあ

る点を出た音波は対向する壁で反射してその音波が出た同じ点に戻ってくることはない。いずれかの所定の点を出てその点付近に戻ってくる経路は、点61から出る経路に示したようにFBARの寸法よりもかなり長くなっている。有効経路長が空洞の最高寸法の10倍もあるデザインが容易に得られるのである。更に、外周上の異なる点はそれらに近隣する点とは異なる経路長を持つことになり、よって従来技術による空洞における吸収スペクトルのスパイクを生じる原因である縮退が大幅に減少する。加えて特筆すべきは、経路がそれら自身で閉じることがないという点である。即ち、音波は単にそれらが発した点の近くの点に戻ってくるだけなのである。この結果、対応する吸収ピークは従来技術によるデバイスで得られるものよりも幅が広がる。従って寄生横モードスペクトルは個別の鋭いピークから、より多数の幅の広いピークに変換され、これらは互いに重なり合っている程度連続的なバックグラウンドとなり、対象領域においてFBARの特性を妨害し得るようなスパイクがなくなるのである。

【0022】上述したように、電極の重なりがその下にある空洞の形状を決定する。よって横伝搬波を抑制するには電極の形状及び重なりを調整するだけで充分なのである。電極の外周が例えば多角形のように直線区分で画定される場合、理想的なケースにおいては、互いに対して平行となる区分が1対もない。小型で不規則な多角形は、概ねこの制約を満たすことがわかっている。図4に示した空洞は、そのような空洞である。不規則多角形の形状をした電極の他の実施形態を図5に70として示した。留意すべきは、奇数の辺を有する正多角形は上述した制約を満たすものではあるが、強く縮退した横モードを呈する。よって不規則な多角形が推奨される。本発明の実施形態においては、平行な辺が1組もない四辺形を用いた。

【0023】図6は81の部分除去した電極80の平面図であるが、このように多様に接続する定義域を頂部電極に利用することも出来る。除去した部分は電極を領域84及び85で繋がる2つの定義域82及び83へと分割している。

【0024】しかしながら、上述の内容から当業者に明らかかなように、境界のうちの小部分が互いに対向し、かつ平行する2つの直線区分を含んでいたとしてもまだ、全て或はほとんどの境界が互いに対向、かつ平行する直線区分から構成される従来型のデバイスと比べると大幅な改善と言える。

【0025】最も単純な電極構成は多角形であるが、他の構成を利用しても良い。例えば、曲線の弧を含む境界を持つ電極であっても、そのような境界が基本的横モードの振幅と周波数を低くするものであれば利用しても良い。本願の説明においては、曲線状の境界を持つ空洞は、無限の数の辺を有する多角形と見なすものとする。

この場合、この多角形が正多角形であれば境界は円となる。円形電極の共振器は強い横モードの立ち上がりを生じる。“Whispering Gallery”共振器はこれらのモードを利用したものである。従って、円形電極共振器はFBARとしては良い選択ではない。

【0026】特定デザインの効果を測る為の最も単純な方法は、そのデザインの横モード吸収スペクトルを方形電極で得たものと比較することである。上述したように、方形電極を利用すると、空洞はフィルタが稼動する周波数領域において複数の明らかなピークを含む吸収スペクトルを持つことになる。方形ではないいずれの変態様も、これらのピークの振幅を大幅に低減するものであれば、従来型のFBARからの改善と言える。本発明は、これらのピークを少なくとも10分の1に低減することを推奨するものであるが、2分の1であっても著しい改善には変りない。

【0027】音響空洞は、ピエゾシートの頂部電極が底部電極と重なり合う領域に形成されることに留意が必要である。電極はしばしば電極への電気接続を得る為に利用される重なり合わない付加物を有する場合もある。これらの付加物もまたピエゾシートと接触することになる。しかしながら、音響的に空洞となるのは、電極が互いに重なり合う領域のみである。

【0028】上述の説明及び添付図面から、当業者には本発明の様々な変態形態が明らかである。従って、本発明は特許請求の範囲によってのみ制限されるものである。

【0029】本発明を上述の好適実施形態に即して説明すると、第1の面及び第2の面を有する圧電シート（22、41、42）と、前記第1の面上の導電性の層から成る第1の電極（21）と、前記第2の面上の導電性の層から成る第2の電極（23）とを含み、前記第1の電極（21）の一部は前記第2の電極（23）の少なくとも一部分に重なり合っており、前記第2の電極（23）と前記第1の電極（21）との重なり部分は、少なくともその一部が非方形の不規則な多角形の一部を構成する外周（60、70、80）を有することを特徴とするフィルタ（20、40）を提供する。

【0030】好ましくは、前記外周（60、70、80）は、四角形の四辺であって、該四辺は互いに平行な

2つの辺を持たない。

【0031】好ましくは、前記非方形の不規則な多角形により境界を作られた前記重なり部分に対応する前記圧電シート（22、41、42）の部分を空洞上に支持する為の構造体を更に含み、前記第1及び第2の電極（21、23）の互いの前記重なり部分は、前記圧電シート（22、41、42）と接触していない側の面上に空気との界面を有する。

【0032】好ましくは、前記外周（60、70、80）が更に曲線区分を含む。

【0033】好ましくは、前記外周（60、70、80）が異なる長さの辺を持つ三角形である。

【0034】好ましくは、前記第1の電極（80）が、その中に非導電性の領域（84）を含む導電性シートから構成される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】FBAR共振器の断面図である。

【図2】SBAR共振器の断面図である。

【図3】（a）は、代表的な従来技術によるFBARにおけるFBAR音響空洞の平面図（頂側から見た図）であり、頂部及び底部電極が方形の重なり合った領域を形成するものであり、（b）は、（a）に示したFBAR音響空洞の側面図である。

【図4】本発明に基づくFBAR音響空洞の平面図であり、電極の重なり領域が不規則な形状にして形成されることを示す図である。

【図5】本発明に基づくFBAR音響空洞の他の実施形態による平面図であり、やはり電極の重なり領域が不規則な形状にして形成されることを示す図である。

【図6】本発明に基づくFBAR音響空洞の他の実施形態を示す図であり、一部が除去された状態の電極の平面図である。

#### 【符号の説明】

20、40 フィルタ

21 第1の電極

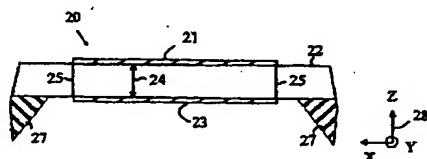
22、41、42 圧電シート

23 第2の電極

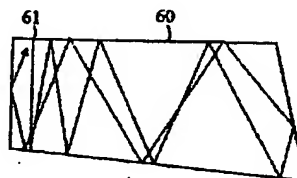
60、70、80 電極の重なり部分の外周

84 非導電性の領域

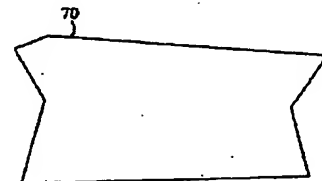
【図1】



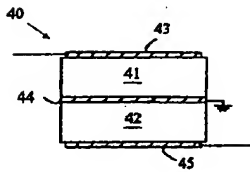
【図4】



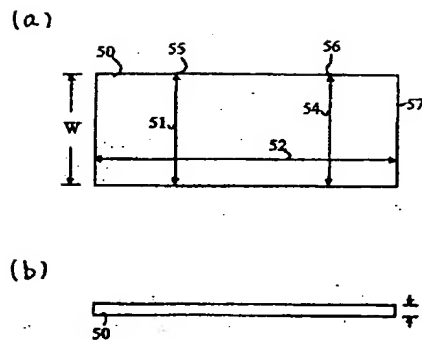
【図5】



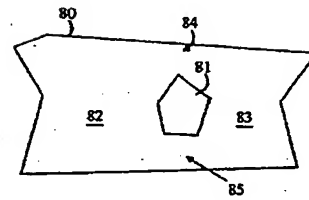
【図2】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

(71)出願人 399117121

395 Page Mill Road P  
alo Alto, California  
U. S. A.

(72)発明者 リチャード・シー・ルビー

アメリカ合衆国カリフォルニア州メンロパ  
ーク ニンス アヴェニュー567

(72)発明者 ポール・ブラッドリー

アメリカ合衆国カリフォルニア州マウンテ  
ンビュー フェイット ドライブ2680 ア  
パート120